构建基于国网”泛在连接”智能电表的电力用户电力物联网络

张春晖[1]　张震[2]

(1.　国网山东省电力公司，山东 济南 250001;2.华能济南黄台发电有限公司，山东 济南 250100)

摘　要：这段文本主要介绍了基于国网“泛在连接”智能电表的电力用户电力物联网络的设计和开发。该网络是新型智能配电网与用户之间进行高级互动功能的双向电力流贸易结算计量网络。作者在文中指出，目前的国网智能电表只是冠以“智能”名称，需经“智能”功能升级开发，才能成为国网“泛在连接”智能电表，即具有双向通信、网关功能，用于配电网与用户之间的双向电力流贸易结算计量，传输水表、气表计量数据的高级互动功能。这些高级互动功能与国际上智能电表发展技术路线一致，建议国网进行先期设计开发。为了适应国网“泛在电力物联网”建设的需要，作者建议后续尚需开发基于国网“泛在连接”智能电表的电力用户电力物联网络。鉴于居民用户约占国网经营区用户总量（4.7 亿户）的 86%，目前需要先期研究基于国网“泛在连接”智能电表的居民用户电力物联网络。它由国网“泛在连接”智能电表、户内物联系统、采集终端、网络指令中心及数据库等构成：双向电力流贸易结算计量网络。此外，文本还提到了居民用户电力物联网络的框架设计、物联网络内的逻辑设计、与物联网络外相关系统的连接等内容。其中，网络指令中心可以与省级电网物联管理中心数据平台、电力营销系统、配电管理系统等进行连接。总体而言，这段文本为国网“泛在连接”智能电表的电力用户电力物联网络的设计和开发提供了重要的参考和指导。

关键词：泛在连接　智能电表
中图分类号：TM933.4

Build a power user power Internet of Things network based on the State Grid's "ubiquitous connection" smart meter

ZHANG Chunhui[1]　ZHANG Zhen[2]

(1.State Grid Shandong Elect Power Co Ltd,Jinan , Shandong 250100 , China;2.Huaneng Jinan Huangtai Power Generation Co. , Ltd. , Jinan , shandong 250100 , China)

Abstract:This text mainly introduces the design and development of the power user power Internet of Things network based on the "ubiquitous connection" smart meter of the State Grid. The network is a two-way electricity flow trade settlement metering network with advanced interactive functions between the new smart distribution grid and users. The author pointed out in the article that the current State Grid smart meter is only named "smart", and it needs to be upgraded and developed by the "smart" function in order to become the State Grid "ubiquitous connection" smart meter, that is, it has two-way communication and gateway functions, and is used

for two-way power flow trade settlement and measurement between the distribution network and users, and the advanced interactive function of transmitting water meter and gas meter measurement data. These advanced interactive functions are consistent with the international technical route for the development of smart meters, and it is recommended that State Grid carry out advanced design and development. In order to meet the needs of the construction of the State Grid's "ubiquitous power Internet of Things", the authors suggest that it is necessary to develop a power user power Internet of Things network based on the State Grid's "ubiquitous connection" smart meters. In view of the fact that residential users account for about 86% of the total number of users (470 million) in the State Grid business area, it is necessary to study the power Internet of Things network of residential users based on the "ubiquitous connection" smart meter of the State Grid in advance. It is composed of the State Grid "ubiquitous connection" smart meter, indoor IoT system, collection terminal, network command center and database: two-way power flow trade settlement and metering network. In addition, the text also mentions the framework design of the power Internet of Things network for residential users, the logic design within the Internet of Things network, and the connection with related systems outside the Internet of Things network. Among them, the network command center can be connected with the data platform, power marketing system, and distribution management system of the provincial power grid IoT management center. Overall, this text provides an important reference and guidance for the design and development of the power Internet of Things network for power users of State Grid's "ubiquitously connected" smart meters.

Key words:Ubiquitous connectivity   Smart meters

0　引言

基于国网”泛在连接”智能电表的电力用户电力物联网络，是国网”泛在电力物联网”的一个分支物联网络，是新型智能配电网与用户之间进行高级互动功能的双向电力流贸易结算计量网络。

本文作者于 2019 年 3 月 28 日发表的《推进国网智能电表”智能”功能开发，增强与拓展国网泛在电力物联网”泛在连接”、”全息感知”落地的能力》说明：目前的国网智能电表只是冠以”智能”名称，需经”智能”功能升级开发，才能成为国网”泛在连接”智能电表，即具有双向通信、网关功能，用于配电网与用户之间的双向电力流贸易结算计量，传输水表、气表计量数据的高级互动功能。这些高级互动功能，与国际上智能电表发展技术路线是一致的，建议国网进行先期设计开发。

为适应国网”泛在电力物联网”建设尽快落地、催生实绩的需要，本文作者建议：国网后续尚需开发基于国网”泛在连接”智能电表的电力用户电力物联网络。

鉴于居民用户约占国网经营区用户总量（4.7 亿户）的 86%，目前，需要先期研究基于国网”泛在连接”智能电表的居民用户电力物联网络。它由国网”泛在连接”智能电表、户内物联系统、采集终端、网络指令中心及数据库等构成：双向电力流贸易结算计量网络。

本文将叙述基于国网泛在连接智能电表的居民用户电力物联网络的架构设计、功能约定、接口通信门类和协议选用、网络指令中心议题。

1、居民用户电力物联网络的框架设计

本部分内容参考：欧洲OPEN meter 系统、瑞士兰吉尔公司AMI（高级计量基础设施）框架设计，结合国网《泛在电力物联网建设大纲》”泛在连接”、”全息感知”的要求，国网配电物联网、用电信息采集系统运作架构，提出基于国网”泛在连接”智能电表的居民用户电力物联网络的框架初步设计。

（1）居民用户电力物联网络的框架初步设计

1）构建户内物联系统

—被连接设备需具备的条件

•参与调节电网负荷的电力设备，需配置电压、电流传感器及输出接口。

•水表、气表，需更换成智能/数字表计，具有计量数据输出接口。

•户内，分布式电源、分布式储能装置、电动汽车充电设备，一般都具有用电量输出接口。

—户内连接方式有两个可选方案：

方案一，国网智能电表通过网关直接采集、传输这些户内电力设备备的感知信息，水表、气表输出信息。再由电表计算出这些户内电力设备的功率、用电量。

该方案的相连设备，采用电表（网关）与电力设备直接连接方式：

•电表（网关）连接：
——电力设备（参与调节电网负荷）
——水表/气表
——分布式电源
——分布式储能装置
——电动汽车充电设备
——IHD（家庭智能显示单元）
——手持运维终端

•水表/气表：——手持运维终端

方案二，如国网智能电表计量功能不改动，需研发户内交互单元。

由户内交互单元进行这些户内电力设备的电压、电流输出信息采集、功率计算、用电量计量，并采集水表、气表输出信息。再由国网智能电表通过网关与户内交互单元进行双向电力流贸易结算计量及水表、气表计量信息传输的高级互动功能。

该方案的相连设备，采用电表（网关）经户内交互单元，再与电力设备连接的方式：（略）

2）物联网络内的逻辑设计

—应用计量箱的物联网络内逻辑设计：

·网络指令中心（数据库）<——> （1---z 个）集中器<——>（1---n 个）采集器<——>（2--m 个）电表（网关）或［（2---m 个）电表（网关）<——>户内交互单元］<——>户内物联系统。

·根据需要，可补充设计：网络指令中心（数据库）<——>采集器

—单独居民用户的网络内物联逻辑设计：

·网络指令中心（数据库）<——> （1---z 个）集中器<——>电表（网关）或［电表（网关）<——>户内交互单元］<——>户内物联系统。

·根据需要，可补充设计：网络指令中心（数据库）<——>电表（网关）

3）与物联网络外相关系统的连接

网络指令中心（数据库）/<——>省级电网物联管理中心数据平台/<——>电力营销系统/<——>配电管理系统。

（2）物联网络连接方式

为简化起见，本部分内容只叙述应用计量箱的物联网络连接方式。

1）相连设备通信接口编号的约定

—电表（网关）接口 K
—户内水表/气表接口 L
—户内电力设备接口 S
—集中器接口 M
—采集器接口 C
—网络指令中心接口 N。
—省级电网物联管理中心数据平台接口 H

2）网络内的连接方式

—户内，只叙述方案一的户内连接方式

电表（网关）与相连设备的接口编号：

·电表（网关）K1——S1 电力设备（参与调节电网负荷）
·电表（网关）K2——L1 水表/气表
·电表（网关）K3——S2 分布式电源
·电表（网关）K4——S3 分布式储能装置
·电表（网关）K5——S4 电动汽车充电设备
·电表（网关）K6——S5 IHD（家庭智能显示单元）
·电表（网关）K7——手持运维终端
·水表/气表 L2——手持运维终端

—户外，相连设备的接口编号

·电表（网关）K8——C1 采集器
·采集器 C2——M1 集中器
·集中器 M2——手持运维终端
·采集器 C3——手持运维终端
·集中器 M3——N1 网络指令中心
·网络指令中心 N5——C4 采集器

3）与网络外相连设备的接口编号

—网络指令中心 N2——电力营销系统（电力计费、电信计费、电动汽车充电计费）
—网络指令中心 N3——配电管理系统（低压电网停电管理，分布式电源并网、分布式储能装置并网的调度管理）
—网络指令中心 N4——H1 省级电网物联管理中心数据平台。

2、居民用户电力物联网络的功能约定

按照国网”泛在电力物联网”建设对电网应用方面：对内重点是绩效提升，对外重点是融通发展的要求，构建基于国网”泛在连接”智能电表的居民用户电力物联网络的主要任务是：切实推进智能配电网与居民用户之间进行高级互动功能，其功能设计要求：

·大容量家用电器参与调节电网负荷，削峰填谷，调节负荷余缺，实现智能配电网与居民用户之间双向电力流贸易结算计量。经测算，国网经营营区内，如 80%的城镇居民用户（16253 万户）参与调节电网负荷，每户按容量为 0.5kVA 以上的家用电器 6 台参与调荷，国网，城镇居民用户”泛在连接”家用电器约 13 亿台，可用于调节电网有功负荷 3.9 亿 kW ， 占 2018 年国网最高用电负荷（8.1 亿 kW）的 48%。

·节能降耗，推进城镇居民用户能源管理系统的开发与应用。

·由电表（网关）进行水表、气表数据采集、传输，构建国网”多表合一”信息采集规模化推进的新方案。

·采用居民用户智能化换相技术，实现低压电网三相电力负荷趋于平衡，降低低压电网线损，防止低压电力设备过负荷发热。

•户内，光伏、储能装置的并网监测与控制管理。

•户内，电动汽车充电设备的计量、互动管理。

•未来的实时电价、分时电价多样化、电力需求响应的互动管理。

•推进居民用户第二回路（如电冰箱）保电功能。

3、接口通信门类和协议的选用

1）接口的通信技术要素

接口编号：

a、通信门类技术；
b、通信门类子类技术；
c、低层（物联层、链路层）协议；
d、上层（应用层）协议。

说明：低层协议、上层协议，均为数据交换协议。本文以下将列出协议的全称：

— Q/GDW 1376.2---2013 电力用户用电信息采集系统通信协议 第 2 部分：集中器本地通信模块接口协议

— DL/T645---2007 多功能电能表通信协议

— DL/T698.45---2017 电能信息采集与管理系统 第 4---5 部分：面向对象的互操作性数据交换协议

— Q/GDW 11612---2016 低压电力线宽带载波通信互联互通技术规范

第 1 部分：总则
第 2 部分：技术要求
第 3 部分：检验方法
第 4 部分：物理层及通信协议
第 5 部分：链路层及通信协议
第 6 部分：应用层技术要求

— CJ/T 188---2018 户用计量仪表数据传输技术条件

— Q/GDW 1376.1---2013 电力用户用电信息采集系统通信协议 第 1 部分：主站与采集终端通信协议

— Q/GDW 1376.4---2013 电力用户用电信息采集系统通信协议 第 4 部分：基于微功率无线的数据传输协议。

2）采集器 C2——M1 集中器接口通信方案

—第 1 套：快速、协议共享通信方案

• a、通信门类：

a1 PLC
a2 微功率无线

• b、通信门类子类：

b1 PLC 子类：OFDM 窄带 PLC
b2 微功率无线子类：Zigbee

• c、低层协议 // d、上层协议

c1 Q/GDW1376.2---2013 //d1 DL/T645---2007
c2 DL/T698.45---2017 // d2 DL/T698.45---2017

—第 2 套：高速、协议专用通信方案

• a、通信门类：PLC

• b、通信门类（PLC）子类：国网宽带 PLC

• c、低层协议： Q/GDW11612.4---2016、Q/GDW11612.5---2016 // d、上层协议：Q/GDW11612.6---2016、DL/T645---2007

—以上采集器 C2——M1 集中器的接口通信方案，可作为下列相连电力设备接口选用通信方案的参考：

• 电表（网关）K1——S1 电力设备（参与调节电网负荷）
• 电表（网关）K3——S2 分布式电源
• 电表（网关）K4——S3 分布式储能装置
• 电表（网关）K5——S4 电动汽车充电设备
• 电表（网关）K6——S3 IHD

3）电表（网关）K8——C1 采集器接口通信技术方案

— a、通信门类：总线

— b、通信门类（总线）子类：RS---485

— c、低层协议：施耐德公司”工业现场总线 Mod Bus 协议//上层协议：DL/T645---2007 。

4）电表（网关）
K2——L1 水表/气表接口通信方案

— a、通信门类

a1 总线
a2 微功率无线

— b、通信门类子类

b1 总线子类：M---Bus
b2 微功率无线子类：Zigbee

—低层协议：CJ/T188---2018//上层协议：--- 。

5）集中器 M3——N1 网络指令中心接口通信方案

— a、通信门类：无线

— b、通信门类（无线）子类：GPRS/4G/5G

— c、Q/GDW1376.1---2013 //d、DL/T645---2007 或 DL/T698.45---2017 。

—以上集中器 M3——N1 网络指令中心接口通信方案，可作为网络指令中心 N5——C4 采集器接口选用通信方案的参考。

6）电表网关 K7——手持运维终端接口通信方案

— a、通信门类：无线

— b、通信门类（无线）子类：微功率无线

— c、低层协议：Q/GDW 1376.4---2013 // d、上层协议：--- 。

—以上电网（网关）K7——手持运维终端接口通信方案，可作为以下相连设备接口选用通信方案的参考：

・集中器 M2——手持运维终端
・采集器 C3——手持运维终端

·水表/气表 L2——手持运维终端

说明：以上数据传输的低层协议、上层协议的选用，供参考。
4、网络指令中心

网络指令中心是基于国网”泛在连接”智能电表的居民用户电力物联网络的统一运作管理平台，需实现居民用户电力物联网络的全覆盖。

（1）网络指令中心设计概要

本部分内容，参考张晶等学者编著的《用电信息采集系统技术与应用》（以下简称著作［C］）主站部分编写而成。

1）网络指令中心的功能设计

网络指令中心的业务管理范围，可分为基本功能、高级功能、统计查询功能、运营管理功能、系统管理功能 5 部分。

—基本功能

·采集点设置
·数据采集管理
·接口管理
·电动汽车充电设备计量、互动功能管理
·未来的实时电价、分时电价多样化、电力需求响应的互动管理。

—高级功能

·大容量家用电器参与调节电网负荷的管理
·分布式电源、分布式储能装置的并网在线监测与管理
·协助配电系统进行居民用户智能换相功能操作的管理
·居民用户第二回路（如电冰箱）保电功能操作的管理
·家庭能源管理系统的设置与管理
·以下高级功能，需事先在线路分支点安装具有简单计算功能的分支终端：
配变台区、线路分段线损计算
配变台区、分布式的无功补偿计算；无功补偿设备投切运行管理
配变台区的变、线、户关系计算
·决策分析业务
·由增值服务提供的查询、统计、分析的数据应用功能。

—统计查询功能：对采集点综合信息、采集数据、系统工单、SIM 卡运行以及报表提供查询。

—运行管理功能，包括档案管理、通信监测、事件管理、对时管理、设备维护等功能。

—系统管理：对网络内的居民用户、密码、权限、模板和编码的管理。

2）网络指令中心规划设计

—规划设计决策要素

· 居民用户、电表（网关）、采集器、集中器、户内连接设备的数量及接入数据量。

· 对数据采集、传输的速率及可靠度的要求。

· 对网络指令中心数据处理能力的要求。

—规划设计内容

· 网络指令中心逻辑设计
· 网络指令中心结构
· 硬件配置
· 软件配置

以上规划设计内容，可参考著作［C］。

—规划设计参考文件

· Q/GDW 378.3---2009 电力用户用电信息采集系统设计导则 第 3 部分：技术方案设计导则。

· Q/GDW 378.1---2009 电力用户用电信息采集系统设计导则 第 1 部分：主站软件设计导则。

· Q/GDW 1379.1---2013 电力用户用电信息采集系统检验技术规范 第 1 部分：系统检验技术规范。

（2）网络指令中心与数据上传系统

这里需要指出：基于国网”泛在连接”智能电表的居民用户电力物联网络，并非一个独立的技术实现过程，而是一个全面可配置的基础设施，并必须集成于现在和将来的电力网络和运行过程之中。

鉴于网络指令中心汇集的数据与基本功能、高级功能，主要用于或服务于智能电网的电力营销系统、配电管理系统，与两个系统紧密相关。但从电力贸易结算数据的安全性更重要、应用频次更高来考虑，本文建议：网络指令中心直接嵌入智能电网的电力营销系统更合适一些，与配电管理系统可以联网应用。同时，网络指令中心还需将汇集的数据，上传省级电网物联管理中心数据平台。

（3）参考件：兰吉尔公司 AMI 的 Grid stream 技术

1）2016 年 2 月，兰吉尔公司推出能够连接多个网格部署 AMI 解决方案（Grid stream）通信平台

（注：Grid stream — 兰吉尔公司 AMI 的指令中心）

”网格路由器对 Grid stream 通信平台的网格连接适应性、分布智能和客户智能解决方案的处理能力有很大的帮助。该装置作为一个网格边缘服务器，会实时指导和处理从前端系统和智能社区网络传来的数据”。”新的网格路由器通过和其它相关网络和设备建立连接的方式，扩展 Grid stream 网格化管理，以帮助公用事业和他们所服务的社区实现更广泛的能源管理目标”。

2）2019 年 3 月 20 日，兰吉尔公司发布：在（日本）东京电力公司智能电表及相关设备部署，项目安装（智能电表）总量超过 2000 万只。该项目计划于 2020 年全部完成。

该部署完成后，将连接东京电力公司和用户的近 3000 万个设备，通过多种通信技术和 Wi---SUN 家庭能源管理通信标准进行连接。目前，兰吉尔 Grid steam 大数据管理系统为该项目每天处理高达 10 亿数据包，并支持东京电力公司要求每 30 分钟一次的表计数据读取。兰吉尔 Grid stream 头端系统具有可管理超过 3000 万只表计的能力。同时，兰吉尔积累了超大规模项目部署、满足灵活多样通信方式的丰富经验，将进一步推进兰吉尔 Grid stream Connect 平台和未来公用事业物联网方案的发展战略。

有关构建基于国网”泛在连接”智能电表的大型专变用户电力物联网络的议题，本文作者将另作专题讨论。

参考文献

[1] 邓桂平;傅士冀;舒开旗;陈俊 高级量测体系探讨 《电测与仪表》- 2010-07-15

作者简介： 张春晖 男， (1938-)， 从事电能计量技术研究。

通讯作者： 张震 男， (1977-)， 从事电能计量技术研究 721047546@qq.com